



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 07 514 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
H 01 L 23/36

⑳ Aktenzeichen: 197 07 514.2
㉑ Anmeldetag: 25. 2. 97
㉒ Offenlegungstag: 27. 8. 98

DE 197 07 514 A 1

㉓ Anmelder:
Eupec GmbH & Co. KG., 59581 Warstein, DE
㉔ Vertreter:
Epping, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 82131
Gauting

㉕ Erfinder:
Göttert, Jürgen, Dipl.-Ing., 59581 Warstein, DE;
Hierholzer, Martin, Dipl.-Ing., 59581 Warstein, DE

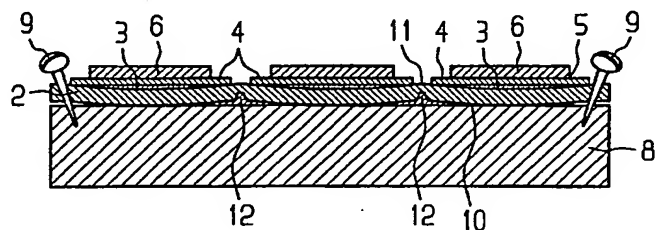
㉖ Entgegenhaltungen:
DE 39 15 707 A1
JP 57-192053 A. In: Pat.Abstr. of JP, E-159;
JP 2-77143 A. In: Pat.Abstr. of JP, E-936;
JP 08204071 A. In: Pat.Abstr. of JP;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉗ Halbleitermodul

㉘ Die Erfindung betrifft Halbleitermodule (1), die aus einer Metallträgerplatte (2), einem Kühlkörper (8), zumindest einem Keramiksubstrat (4) sowie mehreren Halbleiterbauelementen (6) bestehen. Durch Einführung von definierten elastischen Stellen, sogenannten Sollbiegestellen, in der Metallträgerplatte (2) werden die mechanischen Spannungen zwischen den Keramiksubstraten und der Metallträgerplatte bei der Montage auf den Kühlkörper wesentlich verringert. Insbesondere bei konvex ausgebildeten Metallträgerplatten kann durch diese Maßnahme der Übergangswärmewiderstand drastisch verringert werden, ohne die Keramiksubstrate bei der Montage zu beschädigen.



DE 197 07 514 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Halbleitermodul bestehend aus einer Metallträgerplatte mit einer oberen Oberfläche und einer unteren Oberfläche, einem Kühlkörper, auf dem die Metallträgerplatte über ihre untere Oberfläche befestigt ist, zumindest einem wärmeleitenden und elektrisch isolierenden Substrat, das auf die obere Oberfläche der Metallträgerplatte befestigt ist, sowie mehreren Halbleiterbauelementen, die auf das Substrat aufgebracht sind.

Solche Halbleitermodule sind allgemein bekannt.

Um Halbleitermodule vor Zerstörung durch entstehende Verlustwärme zu schützen, ist ein guter wärmeleitfähiger Kontakt der Metallträgerplatten zu den Kühlkörpern erforderlich.

Typischerweise ist die Metallträgerplatte des Halbleitermoduls bezogen auf die ebene Oberfläche des Kühlkörpers als konvex gewölbte Fläche – vorzugsweise als Kugeloberfläche – ausgebildet, so daß bei seitlicher Fixierung der Metallträgerplatte auf den betreffenden Kühlkörper die Metallträgerplatte unter mechanischer Spannung an den Kühlkörper angepreßt und fixiert wird. Zur Reduzierung des Übergangswärmeübergangswiderstandes zwischen der Metallträgerplatte und dem Kühlkörper hat sich diese konvexe Ausbildung der Metallträgerplatte als vorteilhaft erwiesen.

Bei Modulen mit größeren Grundflächen entstehen aber mechanische Spannungen zwischen dem Keramiksubstrat und der Metallträgerplatte bei der Montage auf den ebenen Kühlkörper, die schlimmstenfalls zur Zerstörung der Keramiksubstrate führen.

Die Ursache dieser negativen mechanischen Spannungen bei der Montage auf den ebenen Kühlkörper liegt u. a. an den stark unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen den verwendeten Metallträgerplatten und den verwendeten Keramiksubstraten. Insbesondere sind die Wärmeausdehnungskoeffizienten von Metallen und Keramik sehr unterschiedlich, so daß die beim Verlöten der Keramiksubstrate mit den Metallträgerplatten auftretende Wärme dazu führt, daß sich die Keramik und die Metallträgerplatte unterschiedlich stark ausdehnen.

Die Folge ist, daß nach Abkühlung der Anordnung nicht mehr eine planparallele, sondern eine, auf die Lage der Keramiksubstrate bezogen, konkav gekrümmte Metallträgerplatte vorliegt. Das bedeutet, daß ein guter Kontakt der Metallträgerplatte zum Kühlkörper nur noch an den seitlichen Flächen der Anordnung gewährleistet ist, der Mittelteil jedoch keinen oder nur schlechten Kontakt aufweist, so daß die Wärmeableitung unbefriedigend ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Halbleitermodul der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß eine einfache Lötmontage möglich ist, wobei ein einwandfreier thermischer Kontakt zwischen der Metallträgerplatte und dem Kühlkörper gewährleistet bleibt.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Halbleitermodul der eingangs genannten Art gelöst, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß in die Metallträgerplatte eine oder mehrere Sollbiegestellen eingebracht sind.

Durch die Einführung von solchen Sollbiegestellen, d. h. von definierten elastischen Stellen, in die Metallträgerplatte werden die mechanischen Spannungen zwischen dem Keramiksubstrat und der Metallträgerplatte bei der Montage auf den Kühlkörper drastisch verringert. Insbesondere wird dadurch der Einsatz von konvexen Metallträgerplatten möglich, ohne daß die Gefahr besteht, daß die in den Modulen befindlichen Keramiksubstrate zerstört werden. Dadurch ist die Fertigung von Halbleitermodulen möglich, die einen sehr günstigen Übergangswärmeübergangswiderstand aufweisen.

In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung

sind mehrere Substrate, die vorzugsweise beidseitig metallisiert sind, um einerseits die Montage auf die Metallträgerplatte zu erleichtern und andererseits die Halbleiterbauelemente strukturiert aufbringen zu können, auf die obere Oberfläche der Metallträgerplatte befestigt.

Die Befestigung erfolgt dabei vorzugsweise über eine Weichlotschicht. Wegen der Beziehung $\Delta X = \Delta \alpha \times \Delta T \times l$, bei der ΔX die Differenz der linearen Ausdehnung und $\Delta \alpha$ die Differenz der linearen Ausdehnungskoeffizienten von Keramiksubstrat und Metallträgerplatte bezeichnet, sowie ΔT die Temperaturdifferenz der Anordnung zwischen Schmelztemperatur des Lots und der Raumtemperatur und l die Länge des aufzubringenden Keramiksubstrats, folgt, daß ein günstiges Verfahren zur Vermeidung von unerwünschten Trägerplattenverformungen darin besteht, ΔX und damit also die Parameter $\Delta \alpha$, ΔT und l möglichst zu verkleinern. $\Delta \alpha$ ist allein materialabhängig und somit nicht variabel, wenn Metallträgerplatten und Keramiksubstrate verwendet werden. Um die Differenz der Temperaturen während des Lötvorgangs und nach Abkühlung der Anordnung möglichst klein zu halten, muß ein Lot verwendet werden, das eine niedrige Schmelztemperatur besitzt, andererseits jedoch nicht derart niedrig, daß die später bei Betrieb des Halbleitermoduls auftretende Verlustwärme das Lot zum Schmelzen bringt. Es sind Schmelztemperaturen von ca. 180°C üblich. Diese Maßnahme reicht jedoch nicht mehr aus, wenn größere Keramiksubstrate verwendet werden sollen, da die Keramiksubstratlängen l ebenfalls proportional in die Beziehung für die Differenz der linearen Ausdehnung zweier unterschiedlicher Werkstoffe eingeht. Daher ist es sehr günstig, statt eines einzelnen großen Keramiksubstrats mehrere kleinere Keramiksubstrate zu verwenden, um so die Länge l wunschgemäß zu dimensionieren.

Typischerweise sind dann zwischen den einzelnen Keramiksubstraten Lücken vorgesehen. Es ist jedoch auch denkbar, daß die einzelnen Keramiksubstrate Stoß an Stoß auf die Metallträgerplatte aufgelötet werden.

Wie eingangs erwähnt, hat es sich als besonders günstig erwiesen, die untere Oberfläche der Metallträgerplatte konvex auszubilden, insbesondere so konvex auszubilden, daß in Längs- und Querrichtung die untere Oberfläche der Metallträgerplatte einer Kugeloberfläche entspricht.

Es ist jedoch auch denkbar, die untere Oberfläche der Metallträgerplatte konkav auszubilden und in die Kavität zwischen der unteren Oberfläche der Metallträgerplatte und dem Kühlkörper eine Wärmeleitpaste einzufügen. Durch die Einbringung von Sollbiegestellen kann die Kavität soweit erniedrigt werden, daß trotz der Kavität und der Wärmeleitpaste immer noch ein befriedigender Übergangswärmeübergangswiderstand erzielt werden kann.

Typischerweise werden die Sollbiegestellen in die Oberflächen der Metallträgerplatte eingebracht. Insbesondere werden die Sollbiegestellen bei einer Metallträgerplatte, deren untere Oberfläche konvex ausgebildet ist, in die untere Oberfläche eingebracht. Bei Metallträgerplatten, deren untere Oberfläche konkav ausgebildet ist, ist es zweckmäßig, die Sollbiegestellen zumindest in die obere Oberfläche der Metallträgerplatte einzubringen.

In einer Weiterentwicklung der vorliegenden Erfindung werden die Sollbiegestellen in den den Lücken entsprechenden Bereichen und/oder in den in etwa unter den Rändern der Substrate liegenden Bereichen der Oberflächen eingebracht.

Zweckmäßigerweise werden als Sollbiegestellen Nuten vorgesehen, die dann in Längsrichtung, in Querrichtung oder in Längsrichtung und Querrichtung zugleich in die Oberflächen der Metallträgerplatten eingebracht werden. Es ist jedoch auch denkbar anstatt der Nuten andere Vertiefun-

gen in die Oberflächen der Metallträgerplatten einzubringen, so z. B. einzelne lokale Einkerbungen oder Bohrungen. Ferner ist denkbar, anstatt solcher Bohrungen, Einkerbungen oder Nuten die Metallträgerplatten mit Schlitzten zu versehen. Wesentlich ist, daß die Metallträgerplatten so präpa-

riert werden, daß ihre Biegesteifigkeit herabgesetzt wird. Die Erfindung ist in der Zeichnung beispielsweise veranschaulicht und im nachstehenden im einzelnen anhand der Zeichnung beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung einen Schnitt durch ein Halbleitermodul gemäß der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 eine Draufsicht auf ein Halbleitermodul,

Fig. 3 eine Draufsicht auf ein alternatives Halbleitermodul.

Der in Fig. 1 dargestellte prinzipielle Aufbau eines Halbleitermoduls 1 besteht aus einer Metallträgerplatte 2 aus Kupfer, dreier mittels Weichlotschicht aufgetragenen Substraten 4 aus Al_2O_3 -Keramik, auf denen, mittels einer weiteren Lotschicht 5, die eigentlichen Halbleiterbauelemente 6 befestigt sind.

Die Metallträgerplatte 2 weist eine obere Oberfläche 11 und eine untere Oberfläche 10 auf. Die Metallträgerplatte 2 liegt mit ihrer unteren Oberfläche 10 auf einem Kühlkörper 8 auf und wird über Schrauben 9 auf dem Kühlkörper 8 aufgeschraubt. Die Metallträgerplatte 2 hat eine bezüglich des Kühlkörpers 8 konvex ausgebildete untere Oberfläche 10. Auf der oberen Oberfläche 11 befinden sich drei thermisch gut leitende, elektrisch isolierende Substrate 4, zwischen denen Lücken 13 sind. Die Substrate 4 werden mit der oberen Oberfläche 11 der Metallträgerplatte 2 durch eine Weichlotschicht 3 verbunden.

Auf der Oberseite des Substrats 6 sind wiederum über Weichlotschichten 5 Halbleiterbauelemente 6 befestigt. Diese können mit Gehäuseanschlüssen (nicht gezeigt) verbunden werden. Die Oberseiten der Halbleiterbauelemente 6 sind typischerweise über Bondverbindungen miteinander verbunden (nicht gezeigt).

In der unteren Oberfläche 10 der konvex ausgebildeten Metallträgerplatte 2 befinden sich zwei Sollbiegestellen 12, die als Nuten ausgebildet sind.

Diese Nuten verlaufen quer zur Längsrichtung der Metallträgerplatte 2 in den den Lücken 13 entsprechenden Bereichen 14 der unteren Oberfläche 11 des Substrats 4, was aus der Fig. 2 zu ersehen ist. Es ist jedoch auch denkbar, eine Nut in Längsrichtung der Metallträgerplatte 2 anzuordnen (Fig. 3).

Durch Einführung der Sollbiegestellen 12 in Form von Nuten in der Metallträgerplatte 2 werden die mechanischen Spannungen zwischen den Keramiksubstraten 4 und der Metallträgerplatte 2 bei den Montage auf den Kühlkörper 8 wesentlich verringert. Insbesondere ist hervorzuheben, daß die Nuten im gezeigten Ausführungsbeispiel überschüssige Wärmeleitpaste aufnehmen können, da sie sich in der unteren Oberfläche 10 der Metallträgerplatte 2 befinden, so daß eine weitere Verbesserung des Übergangswärmeübergangswiderstandes erreicht werden kann.

Weist die Metallträgerplatte 2 eine wesentlich größere Länge als Breite auf, so genügt unter Umständen eine konvexe Verformung in der Längsrichtung nicht. Bei Metallträgerplatten, deren Querabmessungen recht groß sind und z. B. in der Größe der Querabmessungen liegen, ist eine konvexe Verformung sowohl in Längs- als auch in Querrichtung sehr vorteilhaft. Die Metallträgerplatte 2 weist in diesem Fall typischerweise die Form einer Kugelkalotte auf.

In einem praktischen Ausführungsbeispiel hat die Metallträgerplatte 2 eine Länge von 187 mm und eine Breite von 137 mm. Ihre Dicke beträgt 5 mm. Typischerweise verlaufen dann zwei Nuten in einem Abstand von 57 mm zueinan-

der symmetrisch auf der unteren Oberfläche der Metallträgerplatte in Querrichtung. Der Öffnungswinkel der Nuten beträgt zweckmäßigerweise 60° , wobei es sich gezeigt hat, daß kleinere Öffnungswinkel zu einer ungenügenden Elastizität und größere Öffnungswinkel zu einem Bruch der Metallträgerplatte bei der Verarbeitung führen können.

Eine solche Metallträgerplatte wird dann beispielsweise durch acht Schrauben auf dem Kühlkörper befestigt.

Patentansprüche

1. Halbleitermodul (1) bestehend aus einer Metallträgerplatte (2) mit einer oberen Oberfläche (11) und einer unteren Oberfläche (10), einem Kühlkörper (8) auf dem die Metallträgerplatte (2) über ihre untere Oberfläche (10) befestigt ist, zumindest einem wärmeleitenden und elektrisch isolierenden Substrat (4), das auf die obere Oberfläche (11) der Metallträgerplatte (2) befestigt ist, sowie mehreren Halbleiterbauelementen (6), die auf das Substrat (4) aufgebracht sind, dadurch gekennzeichnet, daß in die Metallträgerplatte (2) eine oder mehrere Sollbiegestellen (12) eingebracht sind.
2. Halbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Substrate (4) auf die obere Oberfläche (11) der Metallträgerplatte (2) befestigt sind.
3. Halbleitermodul nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Substraten (4) Lücken (13) vorgesehen sind.
4. Halbleitermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die untere Oberfläche (10) der Metallträgerplatte (2) konvex ausgebildet ist.
5. Halbleitermodul nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Konvexität in Längs- und Querrichtung derart ausgebildet ist, daß sie einer Kugeloberfläche entspricht.
6. Halbleitermodul nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollbiegestellung (12) in die untere Oberfläche (10) der Metallträgerplatte (2) eingebracht sind.
7. Halbleitermodul nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollbiegestellen (12) in den den Lücken (13) entsprechenden Bereichen (14) der unteren Oberfläche (10) eingebracht sind.
8. Halbleitermodul nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollbiegestellen (12) in den in etwa unter den Rändern (16) der Substrate (4) liegenden Bereichen der unteren Oberfläche (10) eingebracht sind.
9. Halbleitermodul nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Sollbiegestellen (12) Nuten (15) vorgesehen sind.
10. Halbleitermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Substrate (4) auf die Metallträgerplatte (2) über eine Weichlotschicht (3) befestigt sind.
11. Halbleitermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterbauelemente (6) über eine weitere Lotschicht (5) auf die Substrate (4) befestigt sind.
12. Halbleitermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallträgerplatte (2) auf den Kühlkörper (8) mit Schrauben (9) befestigt sind.
13. Halbleitermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß als Substrate (4) Keramiksubstrate vorgesehen sind, insbesondere Al_2O_3 - oder AlN-Substrate.
14. Halbleitermodul nach einem der Ansprüche 1 bis

13, dadurch gekennzeichnet, daß als Metallträgerplatte
eine Kupferplatte vorgesehen ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

